

ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ НАТУРНОГО ВИПРОБУВАННЯ НА МІЦНІСТЬ НОВОГО СТІЛОЧНОГО ПЕРЕВОДУ

Викладено обставини, за яких необхідно випробовувати стрілочний перевід на міцність, мета й завдання випробування, вимоги до укладання, експлуатації та стану дослідного переводу до і під час випробування, наведено схеми встановлення приладів, основні вимоги до засобів вимірювань та формування дослідного поїзда, принципи обробки та аналізу експериментальних даних.

Ключові слова: схема встановлення приладів, дослідний поїзд, експериментальні дані

Изложены условия, при которых необходимо испытывать стрелочный перевод на прочность, цель и задачи испытания, требования к укладке, эксплуатации и состоянию опытного перевода до и во время испытаний, приведены схемы установки приборов, основные требования к средствам измерений и формированию опытного поезда, принципы обработки и анализа экспериментальных данных.

Ключевые слова: схема установки приборов, опытный поезд, экспериментальные данные

The conditions, which are necessary for full-scale test of a switch on strength, purpose and tasks of tests, requirements to laying, operation and state before and during tests are described; the scheme of installation of devices, the basic requirements to measuring tools and formation of a test train, the principles of data processing and experimental data analysis are presented.

Keywords: scheme of installation of devices, test train, experimental data

Через складність конструкції стрілочного переводу та особливості його взаємодії з рухомим складом технологію випробування звичайної колії для дослідження напружено-деформованого стану переводу застосовувати не можна.

З країн близького зарубіжжя лише в Російській Федерації в певній мірі регламентовано загальний порядок проведення цього типу випробування переводу [1] й зазначено, що на основі даного документа розроблюються робочі методики, які враховують вимоги програми випробувань конкретного типу стрілочного переводу. На нашу ж думку, технологія випробування більшою мірою зумовлюється особливостями взаємодії з рухомим складом, характерними для переводу як специфічної конструкції колії, ніж конструкцією конкретного переводу, і тому її необхідно описати детальніше.

За останні роки кафедрою колії та Колієвипробувальною ГНДЛ ДІПТу виконано багато експериментальних досліджень напружено-деформованого стану нових стрілочних переводів різних конструкцій (проекти 2215, 1740, 65109Ж-01, 1160, 65111Ж, Дн 300, Дн 355, Дн 345). Велика кількість свіжих даних і накопичений досвід організації таких експериментів дають змогу чітко сформулювати основні положення технології їх виконання, дотримання якої гарантує високу якість результатів дослід-

жень та дозволить порівнювати показники, одержані для різних конструкцій.

Чому випробування натурне, а не динаміко-міцнісне?

Так склалося, що експериментальне дослідження напружено-деформованого стану стрілочного переводу під дією рухомого складу найчастіше називають «динаміко-міцнісним випробуванням», хоча випробування виконується задля оцінки міцності та деформації металевих частин і брусів переводу, а не його динамічних характеристик (на відміну від динаміко-міцнісних випробувань локомотивів, моторвагонного рухомого складу та вагонів, під час яких дійсно визначаються динамічні характеристики екіпажів: коефіцієнт запасу стійкості проти сходу, рамні сили, коефіцієнти динаміки – та виконується оцінка міцності їх конструкцій [2, 3]). У нашому випадку частина «динаміко-» характеризує не одне із завдань випробування, а умови його проведення, причому нечітко: динамічне навантаження можна забезпечити й у лабораторних умовах.

Дещо інакше термін «динаміко-міцнісне випробування» трактується в [1]. Відповідно до вимог цього документа, додатково до оцінки міцності нового стрілочного переводу необхідно визначити також його вплив на динамічні якості рухомого складу шляхом визначення

рамних сил та непогашеного поперечного прискорення кузова.

Наведені міркування дозволяють стверджувати, що термін «динаміко-міцнісне випробування» неоднозначно описує даний тип випробувань стрілочного перевodu і тому потребує коригування.

Відповідно до ГОСТ 16504-81 «Система государственных испытаний продукции. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения» [4], «випробування – це експериментальне визначення кількісних та (або) якісних характеристик властивостей об'єкта випробувань як результату дії на нього, під час його функціонування, під час моделювання об'єкта та (або) дії» (*переклад тут і далі наш. – К. М.*). Таким чином, експериментальне дослідження напружено-деформованого стану перевodu – це випробування.

На нашу думку, для чіткого визначення цього типу випробувань його назва повинна містити: умови та місце проведення (натурне), назву об'єкта випробування (стрілочний перевід), результат дії (на міцність).

Поодинокі ці терміни, згідно з [4], мають такий зміст: «натурне випробування – випробування об'єкта в умовах, що відповідають умовам його використання за прямим призначенням з безпосереднім оцінюванням або контролем властивостей об'єкта, що визначаються»; «випробування на міцність – випробування, які проводяться для визначення значень діючих на об'єкт факторів, що викликають вихід значень характеристик властивостей об'єкта за встановлені межі або його руйнування» (фактори, що діють на об'єкт, – це швидкість та тип екіпажа, що рухається по перевodu).

Таким чином, експериментальне дослідження напружено-деформованого стану стрілочного перевodu під дією рухомого складу повинне називатися «*натурним випробуванням стрілочного перевodu на міцність*». До речі, якщо необхідно під час випробування стрілочного перевodu визначати також його дію на рухомий склад, випробування можна назвати «комплексним натурним випробуванням стрілочного перевodu на міцність та за дією на рухомий склад».

Мета і завдання випробування, допустимі та рекомендовані величини показників

Метою натурального випробування нового стрілочного перевodu на міцність є визначення допустимих швидкостей руху поїздів по прямому та(або) боковому напрямках за умови га-

рантування безпеки руху поїздів (у частині, що стосується міцності перевodu) та раціональної роботи його конструкції.

Згідно з практикою проведення випробувань та рекомендаціями Організації співробітництва залізниць [5] для досягнення цієї мети необхідно за різних швидкостей дослідного поїзда визначити та порівняти з граничними величинами максимальні значення таких показників взаємодії стрілочного перевodu та рухомого складу:

- напруження розтягу в кромках підшви рейкових елементів (рамні рейки, гостряки, рейки з'єднувальної частини, хрестовини) та неробочій грані головки контррейки;
- вертикальні та горизонтальні сили, що діють на рейки перевodu, та їх деформації;
- горизонтальні переміщення брусів.

Напруження в несучих конструкціях перевodu та контррейках – це показник, за допомогою якого оцінюється безпека руху поїздів по перевodu, решта характеристик потрібні для тлумачення одержаних напружень та прогнозування економічної ефективності його застосування.

Окреме місце займає визначення вертикальних переміщень рейкових елементів. Ця величина дозволяє оцінити якість утримання баластового шару перевodu – за наявності переміщень, що перевищують граничну величину, стрілочний перевід не може вважатися справним, а результати випробування достовірними.

Кількісні значення граничних величин характеристик взаємодії стрілочного перевodu та рухомого складу наведено в табл. 1 та 2. Більшість з них прийнято на підставі [5], величини горизонтальних сил – [1], напруження в підшві жорсткої хрестовини – [6], горизонтальні переміщення брусів – [7–9].

Аналогічно методиці розрахунку колії на міцність [10], показники взаємодії, що визначаються під час випробування, повинні мати різну вагу під час прийняття рішення стосовно допустимих швидкостей руху поїздів по перевodu. Граничні значення показників, вплив яких на безпеку руху та економічну ефективність застосування перевodu не підлягає сумніву, повинні мати статус «допустимої величини» (їх перевищення неприпустиме), решти характеристик – «рекомендованої» (їх перевищення можливе).

Допустимі швидкості руху поїздів по стрілочному перевodu визначаються як найбільші кратні 10 км/год швидкості відповідних дослідних поїздів, за яких *всі* показники напружено-деформованого стану перевodu не перевищу-

ють *допустимих* значень. Вони не повинні перевищувати максимальні величини, наведені в технічному завданні на створення переводу.

Таблиця 1

Допустимі величини характеристик, що визначаються під час натурального випробування стрілочного переводу на міцність

Характеристика	Величина
1. Напруження, МПа:	
– кромка підшви гостряка та осердя хрестовини з рухомими елементами, виготовленими з гострякового профілю	275
– кромка підшви рамних рейок, рейок з'єднувальної частини та рейкових закінчень хрестовини	250
– неробоча грань головки контррейки	330
2. Горизонтальні (поперечні) сили, що діють на рейки стрілочних переводів типу, кН:	
– Р65 (UIC60) і важче	150
– легше Р65 (UIC60)	120
3. Горизонтальні переміщення брусів, мм	1,5
4. Вертикальні переміщення рейкових елементів, мм	10

Таблиця 2

Рекомендовані величини характеристик, що визначаються під час натурального випробування стрілочного переводу на міцність

Характеристика	Величина
1. Вертикальні сили, що діють на рамні рейки та рейки з'єднувальної частини, кН	200
2. Напруження в підшві жорсткої хрестовини з литим сердечником, МПа	110
3. Горизонтальні переміщення рейкових елементів, мм	4,0

Умови, за яких необхідно випробувати стрілочний перевід на міцність. Вимоги до його укладання, експлуатації та стану до і під час випробування

Потреба випробування нового стрілочного переводу на міцність визначається на основі його порівняння із серійними стрілочними переводами-аналогами. Якщо наявні відмінності можуть погіршити напружено-деформований стан нового переводу відносно серійного, випробування проводити необхідно. Рішення що-

до проведення випробування на міцність ухвалює міжвідомча комісія з приймання стрілочного переводу, склад якої затверджується Укрзалізницею. Нові стрілочні переводи, які випробовувалися останнім часом, відрізнялися від своїх аналогів геометричними характеристиками (початковий кут гостряка та радіус перевідної кривої) та (або) конструкціями окремих частин (рамні рейки, хрестовина, проміжне кріплення, відстані між брусами).

Необхідно зазначити, що серійні стрілочні переводи теж повинні випробовуватися на міцність за потреби збільшення допустимої швидкості руху поїздів по них або після модернізації, у результаті якої може погіршитися їх напружено-деформований стан. Також такі випробування потрібно включати до програми випробувань нового рухомого складу за впливом на колію.

Дослідний перевід слід укладати на ділянці, характеристики (план та поздовжній профіль) і стан колії та контактної мережі якої дозволяють реалізацію дослідним поїздом по прямому та боковому напрямках переводу швидкостей, що на 10 км/год перевищують проектні, наведені в технічному завданні на його створення. Технологія укладення повинна бути такою, щоб склад та якість виконаних робіт відповідали вимогам [11] як для стрілочного переводу після модернізації (тут модернізація – це різновид колійних робіт).

Досвід організації випробування вказує, що найкраще його проводити на станції, що обмежує двоколійну електрифіковану ділянку пасажирського руху з вантажнонапруженістю головної колії, на якій укладено дослідний перевід, не більше 30 млн т. Звичайно, планувати випробування в такому випадку необхідно на час, коли інтенсивність руху пасажирських поїздів зменшується. Дуже зручно для організації випробування, коли станція розташована поблизу дирекції залізничних перевезень та депо, яке надаватиме локомотиви; для оперативного формування дослідного поїзда на станції повинні постійно бути присутні працівники вагонного господарства.

Стан і утримання дослідного переводу та прилеглих ділянок колії під час випробування мають бути такими, щоб вплив таких факторів, як план, рівень, вертикальний профіль на напружено-деформований стан дослідного переводу був мінімальним. Тільки за такої умови результати випробування відобразять зв'язок між характеристиками його напружено-деформованого стану та його конструкцією, а не ва-

дами утримання або технології укладання перевodu. Тому збирання, укладання та утримання дослідного перевodu повинні виконуватися в строгій відповідності з конструкторською документацією й нормативними документами щодо утримання переводів та під наглядом організації, що виконуватиме випробування.

Для досягнення необхідного стану дослідного стрілочного перевodu за рівнем, у плані та поздовжньому профілі його виправлення слід виконувати сучасними колійними машинами, які спроможні забезпечити відповідну якість робіт. Останній раз перевід та прилеглі ділянки колії потрібно старанно виправити в плані та профілі за 2...3 тижні до початку випробування.

З метою усунення впливу на результати випробування зменшення модуля пружності баласту після його глибокого очищення або укладання нового, на початок випробування по стрілочному перевodu повинно бути пропущено не менше 15 млн т бруто вантажу. Під час проведення випробування баласт повинен бути незамерзлим.

Стан перевodu необхідно зафіксувати перед початком та в кінці випробування, також його слід контролювати протягом випробування. Перед реалізацією швидкостей, що перевищують встановлені на ділянці, стан дослідного перевodu та прилеглої колії необхідно перевірити за допомогою колієвимірювального вагона.

Обсяг та технологія обмірів стрілочного перевodu повинні відповідати вимогам [12]. Додатково до цього необхідно встановити фактичні відстані між осями брусів та прямолінійність прямого напрямку перевodu, бажано також під час обстеження визначити його поздовжній профіль. Основні положення методики обмірів, яка використовувалася останнім часом, викладені в [13].

Досвід проведення випробувань вказує, що за наявності ретельної та відповідальної їх підготовки несправностей, які можуть перешкодити реалізації максимальних швидкостей по дослідному перевodu або спотворити результати випробування, не виникає.

Схеми встановлення приладів на дослідному переводі

Як уже зазначалося, під час випробування стрілочного перевodu на міцність необхідно одержати *максимальні* значення показників його напружено-деформованого стану (перелік наведено в табл. 1, 2). Природно, що вимірювальні прилади в такому випадку повинні розта-

шовуватися в місцях, де їх величини мають бути близькими до екстремальних у всьому діапазоні швидкостей руху дослідного поїзда.

Аналіз конструкції стрілочного перевodu та кінематики руху екіпажа по ньому, результати випробувань на міцність (у тому числі й [7 – 9, 14]) вказують, що на звичайному одиночному стрілочному переводі незалежно від типу екіпажа максимальні для певного елемента перевodu напруження завжди реєструються в таких місцях:

- передній виліт рамних рейок під час пошерстного руху дослідного поїзда (кромка підошви рамних рейок, боковий напрямок);

- кінець прямої частини, початок відхилення контррейки (неробоча грань головки контррейки);

- підошва жорсткої хрестовини в перерізах з найменшими вертикальним та горизонтальним моментами опору або з різкими змінами форми (хвіст хрестовини).

Спрогнозувати положення максимумів напружень по довжині гостряків та рейок з'єднувальної частини складніше. За даними наших натурних досліджень розташування максимумів напружень у підошві рейки або гостряка для переводів різних проектів не збігаються, також вони залежать від швидкості та типу екіпажа, а найбільше та найменше по довжині цих елементів значення нерідко відрізняються у 2...3 рази. Найімовірніше причиною цього є особливості переводів різних проектів та неусталений характер руху екіпажів по перевodu, зумовлений відносно невеликим радіусом та довжиною перевідної кривої, відсутністю перехідних кривих та підвищення зовнішньої рейки, наявністю стиків.

Поява та масове застосування сучасних програмних комплексів, призначених для автоматизації процесу дослідження механічних систем («Универсальный механизм», Visual Nastran, Medyna, Working Model та ін.), дозволяють сподіватися, що в недалекому майбутньому з'являться надійні верифіковані моделі, за допомогою яких можна буде визначати розташування максимумів напружень у металевих частинах нових стрілочних переводів для будь-якого екіпажа, що входить до дослідного поїзда (це дасть можливість різко зменшити кількість вимірювальних приладів), але на сьогодні єдиним способом не пропустити максимум є рівномірне розташування по довжині перевodu якомога більшої кількості вимірювальних приладів, що, на жаль, для всіх частин перевodu неможливо з технічних причин.

Логічним виходом із цієї ситуації є установлення більшої частини приладів у тих зонах переводу, де наявність максимумів зумовлюється кінематикою руху екіпажів і конструкцією переводу та підтверджується результатами випробувань, а меншої – у місцях, де поява максимумів менш імовірна.

Аналіз даних та результатів випробувань одиночних звичайних переводів [7 – 9, 14] дозволив виявити такі зони й умови появи тут максимумів:

- у порівнянні з рамними рейками та рейками з'єднувальної частини криволінійний та прямий гостряки працюють у більш несприятливих умовах (відношення максимальних ймовірних значень напружень до допустимих величин для гостряків більші на 15...30 %, ніж для рейок, а для переводів проектів Дн 300 та Дн 355 за швидкості 50 км/год по боковому напрямку досягають 0,94 [8, 9]);

- максимальні напруження, сили, деформації рейкових елементів та переміщення брусів реєструються за швидкостей, близьких до максимальних. Під час руху по боковому напрямку всі ці показники по зовнішній рейці (напрямої) більші в порівнянні з внутрішньою. Для прямого напрямку така залежність відсутня;

- напруження в зовнішніх відносно осі колії кромках підшви рейки, гостряка або рухомого сердечника більші за напруження у внутрішніх;

- прилади для вимірювання напружень повинні розташовуватися не ближче, ніж через ящик від стику – це дозволить запобігти спотворенню корисного сигналу високочастотними коливаннями, що обумовлюються ударною взаємодією колеса та рейки в межах стику.

Зображені на рис. 1 схеми установлення приладів відповідають наведеним вище положенням, вони апробовані в жовтні-листопаді 2009 року під час натурального випробування на міцність стрілочного переводу типу Р65 марки 1/11 проекту Дн 345-08.

Під час розробки схем також враховано, що:

- на нашу думку, за максимальних швидкостей руху дослідного поїзда 40...50 км/год перерізи, у яких встановлюються прилади, потрібно розміщувати не рідше ніж через один ящик, для більших – через два;

- для полегшення інтерпретації одержаних даних якнайбільша кількість вимірювальних приладів повинна розташовуватися в одному перерізі рейки;

- гранична величина горизонтальної сили, що діє на перевід, має статус «допустимої», тому кількість перерізів, де вона вимірюється,

повинна бути максимальною, для вертикальної сили (гранична величина «рекомендована») кількість перерізів можна зменшити. За цим самим принципом розміщуються й горизонтальні прогиноміри;

- якісна оцінка стану баластного шару переводу забезпечується розташуванням вертикальних прогиномірів через 5...8 ящиків;

- найчастіше максимальні горизонтальні переміщення брусів реєструвалися в межах стрілки, тому прилади тут розташовані густіше, ніж у з'єднувальної частині.

Враховуючи те, що вертикальні переміщення рейкових елементів виконують контрольну функцію та мало залежать від швидкості, краще за все їх визначати окремо в спеціально для цього виділений день за швидкостей дослідного поїзда, близьких до встановлених на ділянці. Після цього прогиноміри потрібно зняти та застосувати для вимірювання інших деформацій та переміщень.

Схеми встановлення приладів, наведені на рис. 1, містять ту мінімальну їх кількість, яка гарантує якість результатів досліджень. За потреби детального дослідження напружено-деформованого стану окремих частин переводу (наприклад, стояки незалежної контррейки) необхідно встановлювати додаткові прилади за схемою, відповідно до конструкції цієї частини.

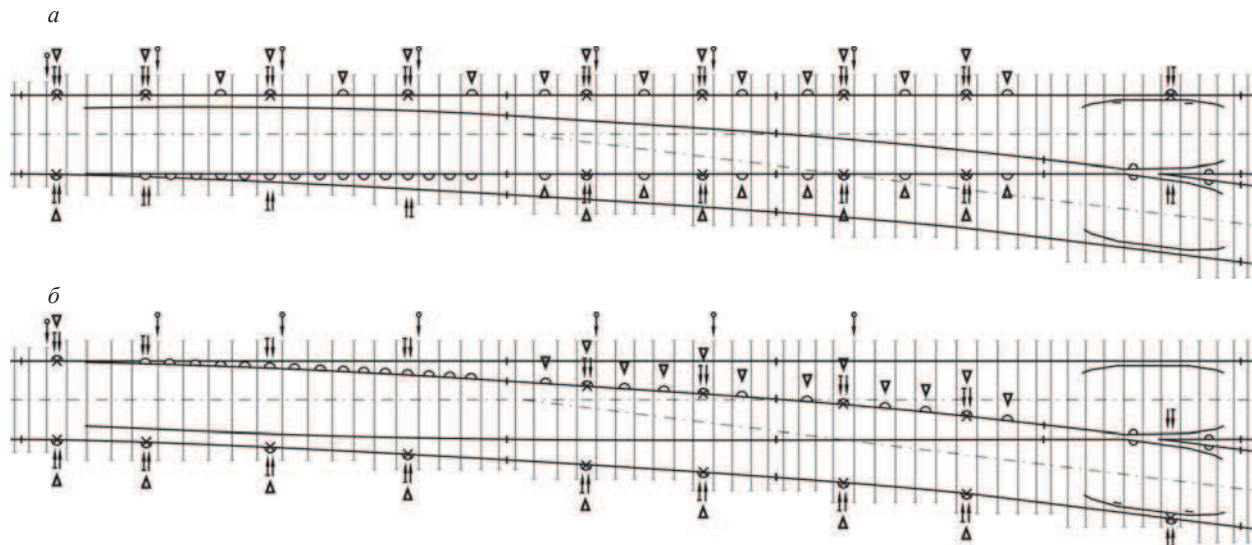
Основні вимоги до засобів вимірювань

Усі випробування, на яких ґрунтується дана стаття, були проведені з використанням розробленої в Колієвипробувальній ГНДЛ вимірювально-інформаційної системи (ВІС) «ПОНІЛ ДИИТ – 1». Детальна інформація про конструкцію окремих її частин та порядок застосування викладена в нормативних документах лабораторії, тому в даному розділі звертається увага лише на ті характеристики ВІС, які необхідно враховувати під час розробки схеми встановлення приладів та складання висновків за результатами випробувань.

Як первинний датчик під час визначення напружень у рейках та гостряках стрілочного переводу використовується прямокутний тензорезистор з базою вимірювання 20 мм. Зважаючи на форму епюр згинального моменту, що характерні для цих елементів, наявне осереднення напружень на довжині бази вимірювання практично не впливає на точність визначення напружень. Але у випадку, якщо є підстави вважати, що епюра моментів може різко змінюватися на невеликому відрізку, співмірному з довжиною датчика (через різку зміну форми

елемента в горизонтальній та(або) вертикальній площинах), у цій частині краще розташувати не один-два датчики базою 20 мм, а три-чотири – базою 10 мм або навіть менше. Такий підхід

добре себе зарекомендував під час визначення напружень у підшві хвостової частини хрестовини переводу проекту Дн 355 [9].



Умовні позначення:

- × – прилад для вимірювання вертикальної сили, що діє на рейку;
- △ – прилад для вимірювання напруження в кромці підшви рейки, гостряка та хрестовини;
- – прилад для вимірювання напруження в неробочій кромці контррейки;
- ↑, ↓ – прилади для вимірювання відповідно вертикальних і горизонтальних переміщень рейки;
- – прилад для вимірювання горизонтального переміщення бруса;
- ▽ – місце визначення горизонтальної сили, що діє на рейку

Рис. 1. Схеми встановлення приладів: а – по прямому напрямку переводу, б – по боковому

Дуже важливою характеристикою вимірювальних каналів ВІС, яка безпосередньо впливає на висновки за результатами випробувань, є величина відносної похибки вимірювань. Для ілюстрації цього положення розглянемо такий приклад: за швидкості дослідного поїзда по боковому напрямку 50 км/год максимальна ймовірна величина напружень у підшві кривого гостряка становить 259 МПа з відносною похибкою вимірювання 5,7 %, потрібно розробити рекомендації стосовно допустимої швидкості руху поїздів. За такої відносної похибки точне значення досліджуваної величини перебуває в діапазоні 244,2...273,8 МПа, що менше за допустиму величину (табл. 1), тому по переводу можна рекомендувати встановити допустиму швидкість 50 км/год. Якби відносна похибка складала 7 %, тоді діапазон збільшився б до 240,9...277,1 МПа, а підстава для встановлення допустимої швидкості 50 км/год зникла.

Для визначення похибки засоби вимірювань повинні щорічно проходити державну перевірку, а величина похибки вимірювання має підтверджуватися документом встановленого зразка.

Непоганим засобом покращення точності вимірювань є зменшення діапазону вимірювань. На нашу думку, для оптимізації похибки діапазони вимірювань вимірювальних каналів не повинні перевищувати максимальних значень, наведених у табл. 1 і 2, більше ніж на третину.

Найголовніші характеристики ВІС для натурних випробувань стрілочного переводу на міцність наведено в табл. 3, верхні межі частотних діапазонів відповідають частотним характеристикам вимірювальних каналів ВІС «ПОНІЛ ДИИТ – 1», відносна похибка вимірювань – не більше 10 %.

Дослідний поїзд

Вплив усього різноманіття рухомого складу на дослідний перевід імітується за допомогою дослідного поїзда. Для забезпечення можливості руху «човником» поїзд складається з двох локомотивів, розташованих у голові й хвості поїзда, та вагонів.

Вантажні та пасажирські поїзди впливають на перевід по-різному: вантажний рухомий склад характеризується значним навантажен-

ням на вісь, але відносно невеликими конструктивними швидкостями руху, тоді як пасажирський – меншим навантаженням на вісь, але суттєво більшими швидкостями. Тому під час випробувань переводу на міцність необхідно використовувати два дослідні поїзди: «вантажний» та «пасажирський». До складу першого включаються вантажні локомотиви та вагони, другого – пасажирські.

Таблиця 3

Найголовніші характеристики ВІС для натурних випробувань стрілочного переводу на міцність

Найменування вимірювального каналу (ВК)	Верхня межа частотних діапазонів ВК, Гц	Діапазон вимірювань
ВК напружень, МПа	150	0...350
ВК переміщень, мм	150	0...13
ВК вертикальних сил, кН	1000	0...250
ВК горизонтальних (поперечних) сил, кН	150	0...200

Примітка. Для вимірювання напружень у неробочій грані контррейки краще застосовувати прилади з діапазоном вимірювань 0...400 МПа.

Наймасовішим типом вантажного вагона є піввагон на візках моделі 18-100. Результати випробувань [7, 8, 14] вказують, що в порівнянні з порожнім та завантаженим на 3/4 піввагон, завантажений повністю, впливає на стрілочний перевід більш несприятливо, тому до дослідного поїзда необхідно включати лише повністю завантажені вагони. Найкраще для цього підходять моделі піввагонів з розвантажувальними люками та нормативною вантажопідйомністю 68...69 тонн. Це дозволяє в навантаженому стані забезпечити статичне навантаження від колеса на рейку 115...120 кН.

Пасажирські вагони різного призначення менше відрізняються між собою, ніж вантажні, тому до дослідного поїзда можна включати будь-який порожній пасажирський вагон за умови, що його конструктивна швидкість відповідає вимогам випробування (маси пасажирського вагона в порожньому стані та з пасажирами різняться між собою менше ніж на 5 %, тому цією різницею можна знехтувати).

Для випробування стрілочного переводу на міцність найбільше підходять двосекційні електровози на двовісних візках, що не мають зв'язку між собою (наприклад, ЧС7 та ВЛ11). Використання таких локомотивів дозволяє покращити точність результатів за рахунок зби-

льшення кількості даних у вибірці. Для досягнення такої самої точності для локомотивів серій ЧС2 (тривісні візки) або ВЛ8 (поздовжній зв'язок між візками) потрібно в кілька разів більше поїздок. Під час випробування технічний стан вагонів та локомотивів повинен відповідати вимогам відповідних нормативних документів з їх утримання та ремонту.

Для досягнення однакової точності результатів кількість вагонів у дослідному поїзді повинна відповідати кількості секцій локомотивів. На нашу думку, кількість пасажирських вагонів можна зменшити до двох через у дватри рази кращий вплив на перевід та значні складнощі з виділенням вагонів, пов'язані з суттєво меншим парком цих вагонів на залізницях.

Прямуювання дослідного поїзда організується в пошерстному та протишерстному напрямках. Незалежно від напрямку руху поїздки дослідного поїзда повинні розпочинатися зі швидкості 7...10 км/год. Дані, одержані під час руху з цією швидкістю, відповідають статичному навантаженню на перевід. Зрозуміло, що навіть за цієї швидкості одержані показники не зовсім відповідають статистиці, але за меншої швидкості дослідного поїзда порушується плавність його руху, що призводить до значних труднощів з інтерпретації одержаних даних.

Для бокового напрямку градації швидкостей руху дослідного поїзда приймаються через 10...15 км/год, для прямого – 20...40 км/год. З наближенням швидкості руху дослідного поїзда до максимального значення її градацію необхідно зменшувати. Поїздки виконуються в режимі вибігу.

Щоб визначити кількість поїздок, був проведений факторний дисперсійний аналіз впливу на напруження в підшві гостряків і рейок з'єднувальної частини стрілочного переводу проекту Дн 355, зареєстровані під колесами завантажених піввагонів [9], факторів осі екіпажа та поїздки. Аналіз показав, що найчастіше основним фактором впливу є вісь екіпажа, у решті випадків вплив факторів осі та поїздки однаковий. Таким чином, у першому випадку кількість значень у вибірці дорівнює кількості осей, у другому – добутку кількостей осей та кількості поїздок.

У ході обробки даних випробувань найчастіше показання приладів, одержані під час руху екіпажа по прямому напрямку, об'єднуються в одну групу без розподілу на окремі осі, по боковому напрямку – групуються окремо для перших та других за напрямком руху осей у візку

[7 – 9, 14]. Таким чином, для описаної вище схеми дослідного поїзда мінімальна кількість значень в одній вибірці для прямого напрямку складає 16, для бокового – 8. У деяких випадках максимальні значення реєструються під першою за напрямом руху екіпажа віссю (як приклад: криволінійний гостряк, протишерстний напрямок, швидкість 40...50 км/год), що у разі руху дослідного поїзда по боковому напрямку й обумовлює мінімальну кількість поїздок – 8. Для прямого напрямку такі ситуації нехарактерні, тому для досягнення однакової точності даних кількість поїздок можна зменшити до чотирьох.

Необхідно зазначити, що за швидкостей руху дослідного поїзда більше 100 км/год потрібно збільшувати кількість поїздок, зважаючи на ймовірність погіршення показників динаміки екіпажів з наближенням їх швидкості до критичної.

Обробка та аналіз експериментальних даних

Показники напружено-деформованого стану переводу – це випадкові величини. Найчастіше вони підпорядковуються закону нормального розподілу, але в деяких випадках експериментальний закон розподілу відрізняється від нормального й має вигляд двомодального або, якщо двомодальність виражена нечітко, нормального з асиметрією. Двомодальному закону підпорядковувалися напруження в спеціальних підкладках контррейки стрілочного переводу проекту 65109Ж-01 [7], горизонтальні сили та переміщення рейок та гостряка стрілочного переводу проекту Дн 345-08 під час руху електровоза серії ЧС7 зі швидкістю 140 км/год та 160 км/год, нормальним законам з асиметрією відповідали переміщення контррейки та ходової рейки біля контррейки, зареєстровані під час випробувань переводу проекту 65111Ж [14].

У випадку, коли величина підпорядковується нормальному закону (навіть з асиметрією), для вирівнювання одержаних результатів найкраще скористатися нормальним законом, але коли розподіл двомодальний, вирівнювати дані нормальним законом не можна.

Зважаючи на особливості взаємодії стрілочного переводу з рухомим складом, що наявні в стрілці, з'єднувальної частині та хрестовинному вузлі, одержані дані аналізуються для кожної частини переводу окремо, також аналіз необхідно диференціювати залежно від типу та швидкості рухомого складу, що входить до дослідного поїзда. З цієї ж причини показання однотипних приладів, навіть розташованих в

одній частині переводу, необхідно розглядати окремо.

Таким чином, об'єднувати в групу можна тільки показання одного приладу, одержані під осями екіпажів одного типу й серії, за конкретних швидкості та напрямку руху дослідного поїзда.

Як уже зазначалося вище, завданням випробування є одержання максимальних значень показників взаємодії стрілочного переводу та рухомого складу, тому предметом аналізу є максимальне ймовірне або максимальне спостережене значення величини, що досліджується.

Максимальне ймовірне значення величини визначається, якщо експериментальний закон розподілу даних у групі відповідає нормальному, тоді для кожної такої сукупності розраховуються основні характеристики випадкової величини (статистичні середнє значення та середнє квадратичне відхилення) та максимальне ймовірне значення (для нормального закону розподілу) за прийнятого в розрахунках коїлі на міцність рівня ймовірності неперевищення 0,994 [10]. Якщо величина не підпорядковується нормальному закону, визначаються найбільше та найменше її значення (межі діапазону, у якому вона перебуває) та максимальна за модулем величина.

Далі алгоритм аналізу даних такий. Відповідно до типу екіпажа та швидкості руху: для кожного приладу визначається найбільше значення за групами осей, потім – найбільше з обох напрямків (ПШ та ПРШ), і на останок – найбільша величина з-поміж однотипних приладів, розташованих у одній частині переводу.

Після цього будуються залежності максимальних значень показників напружено-деформованого стану переводу для кожної його частини й екіпажа залежно від швидкості та приймається рішення щодо допустимих швидкостей руху вантажних та пасажирських поїздів по новому переводу, які можна рекомендувати.

Остаточне рішення стосовно допустимих швидкостей руху поїздів по дослідному переводу приймає Укрзалізниця.

Висновки

У статті викладено та обґрунтовано основні вимоги до порядку проведення натурних випробувань стрілочних переводів на міцність. Їх дотримання гарантує достовірність результатів досліджень та дозволить об'єктивно оцінювати та порівнювати між собою різні конструкції переводів.

Наведені положення також необхідно вра-

ховувати під час натурних випробувань на міцність симетричних і перехресних переводів та глухих перетинів, випробувань нових типів рухомого складу за критерієм впливу на стрілочні переводи.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. СТ ССФЖТ ЦП 13-98 Стандарт системы сертификации на федеральном железнодорожном транспорте. Стрелочная продукция для федеральных железных дорог. Типовая методика динамико-прочностных испытаний [Текст]. – М., 1998. – 14 с.
2. СТ ССФЖТ ЦТ 15-98 Стандарт системы сертификации на федеральном железнодорожном транспорте. Тяговый подвижной состав. Типовая методика динамико-прочностных испытаний локомотивов [Текст]. – М., 1999. – 27 с.
3. СТ ССФЖТ ЦТ 16-98 Стандарт системы сертификации на федеральном железнодорожном транспорте. Тяговый подвижной состав. Типовая методика динамико-прочностных испытаний электропоездов и дизель-поездов [Текст]. – М., 1999. – 25 с.
4. ГОСТ 16504-81 Система государственных испытаний продукции. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения [Текст]. – М.: ИПК ИЗДАТЕЛЬСТВО СТАНДАРТОВ, 2003 – 22 с.
5. Рекомендации по определению параметров, необходимых для оценки работы стрелочных переводов при взаимодействии их с подвижным составом. Р755/2 [Текст]: Утв.: Совещание V комиссии ОСЖД 12-15 ноября 2002 года / Организация сотрудничества железных дорог. – 2002. – 8 с.
6. НБ ЖТ ЦП 015-99 Нормы безопасности на железнодорожном транспорте. Продукция стрелочная для железнодорожного транспорта. Нормы безопасности [Текст]. – М., 1999. – 27 с.
7. Орловський, А. М. Результати натурного випробування на міцність стрілочного переводу типу Р65 марки 1/9 проекту 65109Ж-01 [Текст] / А. М. Орловський, В. П. Гнатенко, К. В. Мойсеєнко // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2010. – Вип. 31. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2010. – С. 144-152.
8. Мойсеєнко, К. В. Напружено-деформований стан стрілочного переводу типу Р65 марки 1/11 проекту Дн 300 [Текст] / К. В. Мойсеєнко, В. П. Гнатенко // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2010. – Вип. 34. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2010. – С. 103-115.
9. Мойсеєнко, К. В. Напружено-деформований стан стрілочного переводу типу Р65 марки 1/11 проекту Дн 355 за даними натурного випробування [Текст] / К. В. Мойсеєнко // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2010. – Вип. 35. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2010. – С. 114-123.
10. Правила розрахунків залізничної колії на міцність і стійкість. ЦП-0117 [Текст]: Затв.: Наказ Укрзалізниці 13.12.04. № 960-Ц / Укрзаліниця. – К.: Транспорт України, 2006. – 168 с.
11. Положення про проведення планово-запобіжних ремонтно-колійних робіт на залізницях України. ЦП-0113 [Текст]: Затв.: Наказ Укрзалізниці 10.08.04. № 630-ЦЗ / Укрзаліниця. – К.: Видавничий дім «Мануфактура», 2004. – 37 с.
12. Інструкція з улаштування та утримання колії залізниць України. ЦП-0138 [Текст]: Затв.: Наказ Укрзалізниці 22.12.05. № 427-Ц. – К.: ТОВ «НВП Поліграфсервіс», 2006. – 336 с.
13. Курган, М. Б. Положення суміжних стрілочних переводів у плані й поздовжньому профілі [Текст] / М. Б. Курган, Т. А. Сенченко, К. В. Мойсеєнко // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2009. – Вип. 26. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2009. – С. 75-82.
14. Гнатенко, В. П. Результати натурного випробування на міцність стрілочного переводу типу Р65 марки 1/11 проекту 65111Ж [Текст] / В. П. Гнатенко, К. В. Мойсеєнко // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2010. – Вип. 32. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2010. – С. 186-192.

Надійшла до редколегії 12.11.2010.

Прийнята до друку 16.11.2010.